

A *Spirogyra nitida* (Dillwyn) Link kúszó mozgásai.

Írta: Langer Sándor (Kapunvár).

Mindenki, aki valaha Spirogyrákat tenyésztett, észrevehette, hogy a frissen gyűjtött telep kusza fonalai rövidesen szétbogozódnak és elrendeződnek. Észrevehette továbbá, hogy a fonalak a végeikkel felkúsznak a tenyésztőedény falára, sőt azt is, hogy a moszatesomóból egyes fonalak minden látható támasz nélkül a szabad levegőbe felágaskodnak. Ezt a jelenséget közel száz évvel azelőtt *Vaucher* tette szóvá először, amidőn a ma *Spirogyra nitida*-nak nevezett *Conjugata princeps*-ről írja, hogy szokásuk „... de relever ses extrémités hors de l'eau, toutes les fois qu'elle est plongée dans ce liquide.”*) Noha a *Conjugata* más neménél, pld. a *Closterium*-nál**) szintén ismeretes az efajta mozgás, arról vajmi kevés szó esik az idevágó irodalomban. Magáról a *Spirogyra*-kúszásról tudtommal mindössze két szerző tesz említést: *Hofmeister* és *Famitzin****) kik közül az első behatóbban tanulmányozta a szóban forgó feltűnő, de nehezen értelmezhető jelenséget, anélkül azonban, hogy annak feltételeiről, lefolyásáról és terjedelméről biztos és minden kétséget eloszlató magyarázatot adott volna.

Az általam végzett kísérletek célja az volt, hogy a *Spirogyra*-fonalak fentemlített mozgását tanulmányozzam, még pedig olyképpen, hogy a változatos feltételek mellett beálló helyváltoztatás gyorsaságát, irányát és terjedelmét lemérve, megállapítsam, vajjon itt tényleg a fény a hatóagens-e — mint ezt *Stahl* a *Closterium moniliferum*-nál kimutatta, vagy a nehézkedés is, avagy az egyenlőtlen növekedés okozza-e a kúszást, amint *Hofmeister* állítja. Ennek a bonyolult tüneménynek a beható tanulmányozásánál körültekintő és fokozottan kritikus módon kellett az egyes kísérleteket végigvezetni, gondoskodván arról, hogy a kellő számú, párhuzamosan végzett ellenőrző-kísérlet lehetőleg a minimumra szorítsa le a megfigyelési hibák számát és lehetőleg kizárja a téves következtetéseket.

Az alábbiakban ismertetett eljárásom eredményeit csak előzetes eredményeknek tekintem, még pedig azért, mert az e tárgyra fordított időt, a tüneményesoport bonyolultságát tekintve, még rövidnek tartom.

*) *P. Petit*: *Spirogyra des environs de Paris* — 1880. p. 28. után idézve.

**) *E. Stahl*: *Bot. Zeitg.* XXXVIII. évf. — *G. Klebs*: *Biol. Zentralbl.* V. kötet, 1885. — *R. Aderhold*: *Jen. Zeitschr. für Natwiss.* XXII. kötet, 1888.

***) *Fr. Oltmanns*: *Morph. und Biol. d. Alg.* I. kötet, 1904.

Mivel célszerűbbnek véltem, hogy az ilyen jelenségek tanulmányozásánál csak egy fajt használjak, a címben említettet választottam ki, még pedig azért, mert más irányú tanulmányaimból tudom, hogy ez a faj a feltűnő módon kúszókhoz tartozik és mert a szobában való kultiválást is jól tűri, fölöttébb szívós, amit más *Spirogyra*-ról semmi esetre sem lehet mondani.

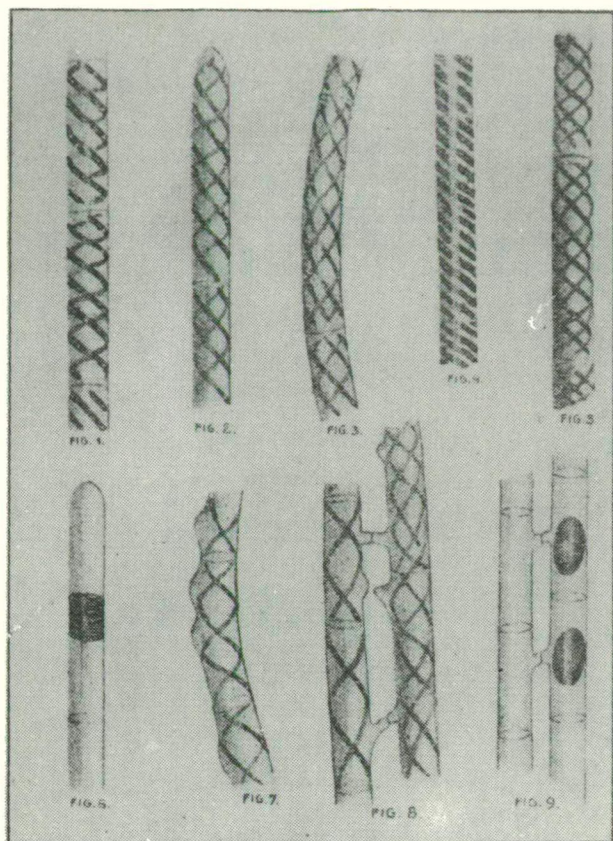
Súlyt helyezek arra, hogy a kísérleteimhez használt fajt előbb részletesen ismertessem, nehogy az alkalmazott faj meghatározását illetőleg kétségek merüljenek fel. Ez az óvatosság azért is tanácsos, mert éppen a *Spirogyra* nagy nemében fajmeghatározás tekintetében még ma is chaotikus állapotok vannak.

*

Spirogyra nitida (Dillwyn 1802) Link.

Link: *Handb.* III. p. 262. — *Kützinger*: *Phycol.* T. 14. fig. 5. — *Spec. Alg.* p. 442. — *Tab. Phycol.* V. T. XXVII. fig. 1. — *Desmaz*: *Crypt. de Fr.* Éd. I. No. 56. — *Petit*: *Spirog. des env. de Paris* p. 28. T. X. fig. 6—10. — *Reinsch* in *Roth*: *Tentamen Flor. Germ.* p. 211. — *Rabenhorst*: *Deutschl. Kryptfl.* p. 121. — *Kryptfl. v. Sachsen*, I. r. p. 210. — *Flora Europ. Alg.* p. 245. — *Wolle*: *Freshw. Alg. of U.-St.* p. 217. T. CXXXVII. fig. 7—8. — *Hansgirg*: *Prodr. d. Alg. Böhm.* p. 163. — *De Toni*: *Syll. Alg.* p. 750. — *Kirchner*: *Algfl. v. Schles.* p. 123. — *Migula*: *Kryptfl. v. Deutschl.* p. 574. — *Kickx*: *Flor. Crypt. des Tl.* p. 406. — *Eiferth*: *Einf. Lebensform.* p. 193. — *Borge* in *Pascher*: *Kryptfl. v. Deutschl. Zygnumales* p. 29. fig. 37. — *Kol*: *Előmunk. a Nagy Magy. Alföld Moszatflórájához* in *Fol. Crypt.* 2 us num. I. vol. p. 73. — *Conferva nitida*, *Dillwyn*: *Brit. Conf. pl.* IV. fig. e. — *Conjugata princeps*, *Vaucher*: *Hist. Conf.* p. 64. pl. IV. fig. 1. — *Cleve*: *Monogr. Zygnum.* p. 16. T. I. fig. 4—7. — *Zygnema nitidum* *Agardh*: *Syst. Alg.* p. 82. — *Hassall*: *Freshw. Alg.* p. 141. T. XXII. fig. 1. 2.

Sötétzöld, síkos tapintatú és a vízből kihúzva kunkorodó nyalábokba összetapadó telepeket alkot, főleg kisterjedelmű, sekély vizekben, pocsolyákban. A fonalakon nem látható külön kocsonyahüvely. A vastagságuk átlag 57—62 μ , noha ennél vastagabbakra (90 μ -ig) is akadunk egyazon telepben. A sejtek hossza a tápláltságuktól és a hőmérséklettől függ és 50—430 μ közt váltakozik. A harántfalak símák. A spírák száma 2—5 (1—5. ábra); leggyak-



Spirogyra nitida (Dielw.) Link.

1. Két spirás, — 2. három spirás, — 3. öt spirás, — 4. osztódás előtt álló sűrűn spirás, — 5. négy spirás sejtek, — 6. elhaló, összeugrott spirás végsejt. — 7. és 8. párosodó fonalak. — 9. érett spórák. (Zeiss-féle rajzoló-készülékkel: obj. 3, okul. IV.)
(Az ábrák felényire vannak kisebbítve.)

rabban 3 vagy 5, a 2- és 4-spirás fonalak eléggé ritkák. A menetek száma 2—3, többnyire 40—45° szög alatti meredekséggel. A párosodás mindenkor létrás. Különböző számú spirás sejtek is párosodnak (8. ábra). A párosodó sejtek nem dagadtak (7. és 9. ábra). A spóra barna, símafalú, hosszúak-kerekded. A vastagsága az anyasejt méreteitől függ, de valamivel keskenyebb amaznál. A hosszúsága a szélességnek 1½—2-szerese.

*

Ezt a fajt már Hassall nevezte a legjobban jellemezettek egyikének és tényleg, alig van más *Spirogyra*, amellyel össze lehetne tévesztani. Maga az a tulajdonsága, hogy a vízből kiemelve kunkorodik és a fonalak végeiket a vízből kidugják, továbbá a telep sötét színe és jellegzetes síkossága, mind olyan ismertetőjel, amely alig hagy kétséget afelől, vajjon a *Sp. nitida*-val van-e dolgunk, vagy sem. A termőhely főleg marhacsapa, melyben esővíz összegyűlt, vagy sekélyvízű árok. Érthető, hogy a tág határú hőingadozásoknak és a különböző sókoncentrációknak alávetett moszat hamarosan elpusztulna, ha csak a változó viszonyokhoz gyorsan alkalmazni nem tudna. A *Spirogyra nitida* azonban

feltűnően jól bírja mindezeket a változásokat,*) miértis ezt az igazi eurytherm és eurychem**) fajt, ha a tenyésztési túlságos felmelegedését valami módon meggátoljuk, hónapokig lehet szobatenyészetekben tartani. A *Sp. nitida* általában jobban tűri a hideget mint a meleget. Erősen felmelegedett vízben a sejtek rövidesen elpusztulnak: a sűrűbb plazmába beágyazott spirák elvesztik feszültségüket, összeugranak, amit alkalmasint az ellenhúzástól felszabadult sejtmagfüggesztők koncentrikus húzóhatásával kell megmagyarázni (6. ábra).

A kísérleteim tárgyát képező kúszó- és egyéb mozgás fokozottabb mértékben csak akkor áll be, ha a *Spirogyra*-telep sűrű és nagyon kevés vízben van. Bővízű tenyészetekben ez a jelenség vagy egyáltalán nem, vagy oly csekély mértékben mutatkozik, hogy csak tüzetes megfigyelés mellett vehető észre. A legközönségesebb jelenség az, amidőn a sekély állatesapából a fonalak a nedves partra kúsznak. A felkúszó fonalak bizonyos magasságig érnek csak. A fonalesúcsok odaszáradnak az aljhoz és a fonalak hátrafelé lassanként elszáradnak. Ilyenkor a pocsolya szélén sötétlen csillogó, vagy rozsdabarna, elszáradt fonalak szövénéből álló, sugaras muhátrázatot látunk. A fonalak a vízből kiálló kavicsokra is felkúsznak és ha a kúszó fonalak szövénén elégé sűrű, akkor a tapadás, felületfeszültség folytán annyi vizet visznek fel magukkal, hogy hosszú ideig életben maradnak, mert a kapillaritás újabb meg újabb vízről gondoskodik. A kúszás jelenségeit a tenyészetekben jobban meg lehet figyelni, mert ilyenkor a viszonyokat tetszésünk szerint változtathatjuk, amint az az alább ismertetett kísérletekből is kitűnik.

Ha egy kisebb telepet, pld. 0.5 g-ot 1—2 liter vízbe rakunk és a fonalakat üvegpálcával jól összekuszáljuk, akkor aránylag rövid idő — 5—6 óra — mulva a fonalak egymás mellé símulnak és elrendeződnek úgy, hogy azok túlnyomóan párhuzamosan egymás mellett laza köteget alkotnak. A köteg alsó vége összetartó és mindig az edény fenekét éri, míg a felső rész sugarasan széjjelterpeszkedik (14. ábra). A telepnek ilyenénvaló elrendezése nem függ a megvilágítástól; beáll akkor is, ha a telepet teljes sötétségben tartjuk. Hosszabb állás után a köteg többé-kevésbé hullámos alakot ölt. Minél magasabb a vízoszlop, annál szebben mutatkozik ez a jelenség. Az erre a célra használt különböző hosszúságú és átmérőjű üvegesövek fenekére elhelyezett kisebb telepadagok akár a világosságban, akár a sötétben, mindig ezt a hullámos elrendeződést mutatták — de csakis a csövekben. Tág, 10—25 cm-es edényekben az elrendeződésnek ez a formája vagy egyáltalán nem mutatkozik, vagy csak alig észrevehető nyomokban. A csavarulatok menete élenként emlékeztet a spiráknak a sejten való csavarodottságára és érthető, ha az a gondolatunk támad, hogy a telep

*) A különböző termőhelyek vizeinek PH-ját a „B. D. H. Univ. Indicator” festékindikátorral meghatároztam és azt 6.5—8.5 közt változóan találtam, ami feltűnő széles határra vall.

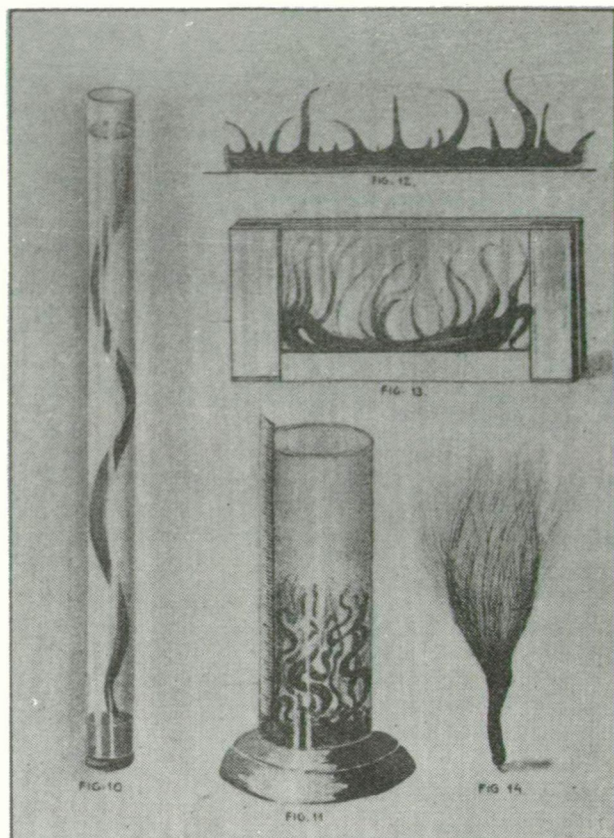
**) Dr. Varga Lajos műszava.

hosszában való csavarodottság talán valami összefüggésben lehet a spirák elhelyezkedésével. Az idevágó sok kísérletem azonban csak azt derítette ki, hogy ez a hullámos, csavarodásos elhelyezés kizárólagos függvénye az edény méreteinek. Így pld. a félméteres és 12 mm-es csőben két hullám képződött (10. ábra), a 11 cm hosszú és 22 mm átmérőjében azonban $4\frac{1}{2}$. Vajjon a hullámalak kialakulásánál a nyaláb irányváltozása akkor áll-e be, amikor ez a cső falát érinti, tehát amikor valaminő kontaktus-inger hat rá, azt az idevágó és most is folyó kísérleteim sejtetik ugyan, de határozottan még nem bizonyítják. Ha a csőben az előbb említett módon elhelyezkedett telepet alkalmas módon vízzel telt tág edénybe átesúztatjuk anélkül, hogy a moszatot levegő érje, akkor annak csomós vége mindig a fenékre süllyed. A fonalaknak ez a vége tehát súlyosabb. Újabb felrázás után a telep az előbbtől eltérő elrendezést mutat: a fonalak szerzett görbültsége megváltozik, a görbülés itt tehát nem állandósított állapot, hanem statikai jelenség. Úgy a sejt fala, mint az egész fonalat beburkoló síkos cső fölöttébb rugalmas; mindkettő elég tetemes húzást, nyomást, görbítést bír el anélkül, hogy deformálódna. Maguk a sejtek azonban görbén is nőhetnek, amikor ez a formájuk állandó is. Ilyen állandó görbüléseket hozhat létre a fény egyoldalú hatása és a párosodáskor jelentkező fonalinger. A tanulmányom tárgyát képező mozgásokat nem szabad azonban a zöld növényeken általában észlelhető pozitív fototropizmus-jelenségekkel azonosítani; hiszen a már említett fontos körülmény, hogy a szőben levő kúszó és elrendező mozgások a sötétségben is beállanak, mégpedig fokozottabb mértékben*) eléggé mutatja, hogy itt kétféle mozgástípusról van szó.

Ugyancsak feltűnő sajátossága a szűkös vízben tenyésztő *Spirogyra nitida*-telepnek, hogy annak eleinte síma felszíne csakhamar hepe-hupássá lesz s belőle szinte szemlátomást vékonyabb vagy vastagabb fonalnyalábok emelkednek ki. A felágaskodó nyalábok vastagsága elérheti az $1\frac{1}{2}$ millimétert is, a magassága legfőlebb 32 mm, ami — a fonalak gyengeségét tekintve — elég tetemesnek mondható. Az ily módon a telepből kiemelkedő nyalábok csakhamar elgörbülnek (12. ábra), a csúcsuk gömböcskévé szárad és a nyaláb lefelé lassanként elszárad. Ez az elszáradás elmarad, ha az edényt lefedjük, amikor a nyalábok a fedőig érve, azon szanaszétjel továbbkúsznak. A fedetlen tenyészetben a fonalnyalábok kiszáradása odáig ér, ahol a felhúzó víz határa van. *Famitzin***) arról is tesz említést, hogy ezek a kiemelkedő fonalak — ha a körlég eléggé nedves — részint a fény, részint a nehézkedés hatására S-forma ingamozgásokat végeznek, amit a *Sp. nitida*-nál kiemelkedett nyalábjain azonban nem tapasztaltam. A fonalnyaláboknak eme kiemelkedése a teljes sötétségben tartott telepeken épúgy észlelhető, mint a napfényben tartottakon.

*) Ezt már *Hofmeister* is észlelte.

**) *Oltmanns* id. m.



Spirogyra nitida (Dielw.) Link.

10. Félméteres, vízzel telt 'üvegeső' aljára elhelyezett fonálcsozó elrendeződési formája 8 óra múlva (1:3). — 11. Csak nedves CO_2 légkörben és sötétben tartott fonálcsozó jellegzetes kúszóalakjai 2 óra múlva (1:2). — 12. Fonálnyálábok kiemelkedése nedvesen tartott sűrű telepből (term. nagys.). — 13. Kúszási formák az üres, szűk küvetta falain. A világosság csak keskeny résen át férhetett az edénybe (1:2). — 14. Fonálrendeződési alak bő vízben (1:1 $\frac{1}{2}$).

(Az ábrák felényire vannak kisebbítve.)

Az egyetlen feltétel, hogy a jelenség fellépjen, a telep sűrűsége. Minél nedvesebb a levegő, annál nagyobb mértékben jelentkeznek az ágaskodó nyalábok és annál hosszabbak azok. Száraz légkörben a telegek felszínéből csak egyes fonalvégek állanak ki, legfőlebb 1 mm-nyire, úgyhogy csak közelről láthatók. Ezt a megfigyelést már *Vaucher* is tette. Nagyobbmértvű kiemelkedés ilyenkor nem áll be. Mindkét jelenség a szabadban is észlelhető. Fototropiztikus irányításról itt sem lehet beszélni, hiszen a nyalábok a tér minden irányára felé görbülnek. *Hofmeister**) és annak nyomán *Oltmanns***) állítja ugyan, hogy a fonalak mozgásai a megvilágítás egyoldalúságából eredő egyenlőtlen növekedéssel volnának magyarázhatók és így e jelenséget is a magasabbrendű növények mozgásával azonosítja. A fonalak elrendeződését azonban ezzel megmagyarázni maga *Oltmanns* sem tudja. Igaz, hogy

*) *Hofmeister* Handb. d. physiol. Bot. 1. kötet, 1. rész.

**) *Oltmanns* id. m.

Blauw kimutatta a magasabbrendű növényekről, hogy azok növekedése gyorsabb a sötétben és igaz, hogy a *Spirogyra nitida* kúszó és rendeződő mozgásai szintén gyorsabbak a sötétben, de mint az alább közölt idevágó méréseim minden kétséget kizáró módon igazolják, ez a mozgáscsoport sem a fototropizmussal, sem a növekedéssel közvetlenül nem magyarázható.

A kísérleteimmel legkönnyebben tudtam kimutatni, hogy a *Sp. nitida* kúszómozgásai nem a fényhatás függvényei. Evégből azonos méretű edényekben egyenlő mennyiségű vízben egyenlő súlyú telepcsomókat tenyésztettem más és más fényben. Mindenkor kitűnt, hogy a különböző fényszűrőkön át megvilágított telepek előkúszó fonalnyalábjai annál magasabbra és annál gyorsabban emelkednek fel az edényfalakra, minél sötétebb volt a megvilágítás. A kúszási sebesség és foka minimum volt a napfényben és maximum a teljes sötétségben. A nagyszámban végzett mérésekből egynehányat fel-említék azért, hogy a mondottak igazolását szám-szerűleg is lássuk.

A felkúszott fonalrész hossza 24 óra múlva:

napfényben:	26 mm	, kúszási sebesség 1.08 mm/h
teljes sötétségben:	82 mm	, kúszási sebesség 3.4 mm/h
teljes sötétségben CO ₂ atmoszférában,		kúszási sebesség 17 mm/h

A kúszás az edényfalakon mindenkor köröskörül látható. Hogy az a fényoldalon erősebb, vagy csekélyebb lett volna, sohasem volt tapasztalható. A fonalak nemcsak az üvegre kúsznak, hanem fára, agyagra, alumíniumra, grafitra egyaránt. A svéd szűrőpapíron jóval lassúbb ez a mozgás. *Egyes, magányos fonalak sohasem kúsznak; a kúszás csakis sűrűbb telepből indulhat ki és a csekély víz kedvező feltétel.* Látszólag úgy tűnik a dolog, mintha a fonalak a telep sötétségéből előkúsznának azért, hogy vagy jobb megvilágításra jussanak, vagy több levegővel kerülhessenek érintkezésbe. Mindkét következtetés azonban elhamarkodott és tudománytalan volna, hiszen a megfigyelések erre vonatkozólag biztos támpontot nem szolgáltatnak. Hogy a kúszásnak most említett módja a fény közvetlen hatásától független, azt egy következő kísérlet is igazolja. Egy milliméteres nyílású küvetát köröskörül be- ragasztottam vastag staniollal, amelybe késsel — az edény egyik szélén — fényrést vágtam, hogy a megvilágított és a meg nem világított telepből előkúszó fonalain láthassam a különböző fényhatást (13. ábra). Harminchat óra múlva leszedtem a küvetta burkolatát és az ábrán látható kúszóformák mutatták az eredményt: semmi pozitívet.

A sötétségnek serkentő — tán kiváltó — hatása azonban le nem tagadható. De vajjon kizárólag ez volna-e a kúszás egyetlen megindítója, már csak azért sem állítható, mert egyéb és később ismertendő kísérletem sejteti, hogy itt nem is egy hatókomponensről, hanem többről van szó s hogy a kúszójelenségek sokkalta komplikáltabb természetűek, mint azt hinnők.

A fényhatások mellett pld. a hőingerre is gondolhatnánk. Elképzelhető ugyanis, hogy a szorosan egymás mellett fekvő fonalak anyageseréje belső felmelegedést okoz, mely felmelegedés görbülést és így csúsztatást eredményezne. Kellő mérőeszközök hiányában a telep hőviszonyait azonban nem kutathattam. Kénytelen voltam megelégedni azzal, hogy villanylámpával szűk téren felmelegedést hozzak létre a telepen. Eredménye ezeknek a primitív kísérleteknek azonban nem volt.

A számításba jöhető hatókomponensek közül a geotropizmusra is kellett gondolni. Feltehető volt t. i., hogy a fonalak kiemelkedése akár pozitív, akár negatív irányban a nehézkedéssel függ össze. Minden kísérletem, mely ezt a kérdést tisztázni volt hivatva azt igazolta, hogy a *geotropizmus* ezeknél a jelenségeknél sohasem pozitív: a telepből a fonalak sohasem kúsztak lefelé, akkor sem, ha az edényeket lefelé fordítottam. Ebből azonban korántsem szabad arra következtetni, hogy a kúszást a negatív geotropizmus okozná, hiszen a rendes helyzetben — a telep az edény fenekén — tartott fonalcsomóból az edény falain *felkúszó* fonalak *nem fordultak* meg, ha az edényt a szájával lefelé tartottam. Az üveglap közepére rögzített telepből *csak* felfelé kúsztak a fonalak. Ha azt megfordítottam, akkor az azelőtt volt alsó, most felső oldalból szintén felfelé kúsztak a fonalak. Az előbbeni helyzetben előkúszottak azonban a lefelé való helyzetben megakadtak, de az irányukat sem változtatták. A szög alatt, ferdén tartott edényekben sem volt látható, hogy a fonalak a függőleges felé törekednének, amint itt általában *pontos* irányról nem is szólhatunk, mivel a fonalak össze-vissza görbülve nyomulnak ki a telepből (11. ábra). A *vízszintes* helyzetben levő fonalak, melyek tehát sem le, sem fel nem kúszhatnak, pld. üveglapon tartott telepből, *soha nem kúsznak*, legfeljebb felágaskodnak a levegőbe, mint azt fentebb említettem. A különböző helyzeteket különböző megvilágítással kombinálva csak ismételten igazolta, hogy a kúszás lefelé nem irányul.

A légköri nedvesség szerepéről már szólottam. Attól függ, vajjon gyors, lassú, bőséges, vagy gyér-e a kúszás. Tiszta CO₂ atmoszférában ez a mozgás feltűnően gyors és bőséges. Egyéb gázokkal, főleg oxigénnel, nem kísérleteztem, mert nem rendelkezem megfelelő felszereléssel.

Hátra volna még a legközelebb fekvő kérdés tisztázása, vajjon nem kellene-e a kúszást a fonalak növekedésével megmagyarázni? És mivel ez a magyarázat — a felsőbbrendű növények mozgásának analógiájára — a legegyszerűbb volna, ennek a kiderítésére fektettem a főszűrt. A feladatom volt, megállapítani, vajjon a fonal növekedik-e kúszás közben, hogy a növekedés arányban áll-e a kúszás gyorsaságával, vajjon a sejtosztódás ideje, tehát éjjel, összeesik-e a kúszás maximumával? Itt már előre megmondhatom, hogy az alább közölt megfigyeléseim megegyeznek mindezeket a feltevéseket. A sok mérésnek, számolásnak eredménye annak a

megállapítása, hogy a kúszás és a növekedés közt semmiféle összefüggés nincsen.

Mindenek előtt meg akartam állapítani, hogy 1 cm-nyi fonalrész átlagosan hány sejtből áll és a sejtosztódás, meg a sejt növekedés mennyire fokozza a fonal hosszát bizonyos idő alatt. Ebből a célból jól táplált, rosszul táplált, rendes, a termőhelyről szerzett vízben és mesterséges tenyészoldatokban*) nevelt fonalakat vizsgáltam meg, még pedig a késői délutáni órákban és reggel, tehát a normális osztódási időszak előtt és után. Az 1 cm-nyi fonalrész sejtjeinek száma átlag 56-nak mondható. A lemért leghosszabb fonal mintegy 3000 sejtből állott. Egyszerű meggondolás is eleve kizárja annak a lehetőségét, hogy a kúszást a fonalnövekedéssel magyarázzuk, ha a következő adatokat vizsgáljuk.

A kúszófonalrész hossza óránként 1—17 mm-ig növekedik, mint azt fentebb már mondtam. A fonalnövekedésre vonatkozólag ellenben látjuk:

Időtartam	A fonal hossza mm-ben	A sejtek száma
A mérés kezdetén	30	157
24 óra múlva	30·8	160
72 óra múlva	37	248

Más fonalon a sejtszám 24 óras közökben megszámlálva: 66, 68, 79, 80; három nap alatt a sejtek mindössze 14-gyel szaporodtak. A legszembeötlőbb az a megfigyelésem, hogy a sötétben tartott fonalaknál, melyeknek fokozott kúszására már rámutattam, a sejtosztódás jóval *mögötte marad a világosságon tartottakénál*. Lássunk erre is egynéhány számszerű adatot!

24 óras közökben megszámlálva:

1. A világosságon tartott fonal sejtszáma: 124—135—147. Napi átlag: 11.

2. A sötétben tartott fonal sejtszáma: 97—104—110. Napi átlag: 7.

Egy fonaldarab sejtjeinek hosszváltozására vonatkozólag szolgáljon a megfigyelő-naplóm egy kikapott adatrészlete.

A sejtek hossza μ -ban.

A sejt helye a fonalban	1. nap	2. nap	3. nap	4. nap
Csúcssejt	141	162	200	220
2	110	206 ¹	178	178
3	118	224 ¹	192	192
4	192	207 ¹	170	177
5	170	224 ¹	177	177

¹ Az osztódás ideje.

Ez a néhány adat több érdekes dologra rávilágít. Látjuk belőle, hogy az osztódás egyszerre több

*) A peptonban nevelt fonalak sejtjei feltűnően hosszúságúak (430 μ -ig). Az efajta tápoldat késlelteti az osztódást és fokozza a növekedést.

sejtben megy végbe, bár a 180 sejtre kiterjedő feljegyzéseim szerint az osztódás szakaszonként áll be és nem valamennyi sejtben. Látjuk továbbá, hogy az osztódás után a leánysejtek azonnal növekednek, némelykor az anyasejt eredeti hosszáig. És látjuk végül, hogy az osztódás után való napon a sejt vagy egyáltalán nem növekedik, vagy csak alig. Az osztódás napján beálló sejt növekedés sokszor feltűnően gyors. Erre két adatot közlök:

1. A sejt hossza *közvetlen* az osztódás után 62 μ , 8 óra múlva 120 μ .

2. A sejt hossza *közvetlen* az osztódás után 29 μ , 8 óra múlva 72 μ .

Feltéve, hogy a sejtosztódás maximális tempóban is történik, még mindig nem jutnánk olyan fonalnövekedéshez, mely arányban állana a kúszófonalrész befutott útjának hosszával.

A kúszási sebesség megfigyelésére a következő berendezést használtam. Vékony üveglapokból, tárgylemezek közbeiktatásával lehetőleg keskeny belvilágú küvettát ragasztottam össze, melyet aztán a vízszintes helyzetű mikroszkópium tárgyasztalára rögzítettem, hogy a beléje csúsztatott telep-adagból kiágaskodó fonalak kúszását nemcsak nagyítva láthassam, hanem az egyes fonalak emelkedési útját, sebességét is lemérhessem az okulármikrométerrel. Egyes fonalak kúszása olyan gyors volt, hogy azt a mikrométerbeosztáson jól meg lehetett figyelni. Más esetben a fonal meg nagyon lassan kúszott. Bizonyos idő múlva a kúszás minden esetben megakadt, végleg meg is szűnt, sőt néha némi *visszacúszás* is volt megfigyelhető.

Példaképpen közlök az egyik gyorskúszásról, utána pedig két lassú kúszásról felvett adatsorozatot.

A megfigyelés időpontja			A kúszás távolsága μ -ban	Átlagos kúszási sebesség μ /sec-ban
h	'	"		
9	28	50	0	0·5
9	36	50	147	
9	39	50	224	
9	43	—	295	
9	44	50	370	
9	46	—	442	
9	47	45	516	
9	49	45	590	
9	52	45	664	
9	55	—	737	
12	35	—	0	0·05
12	50	—	74	
13	42	—	206	
			megakadt	0·08
10	45	—	0	
11	—	—	162	
11	22	—	192	
			megakadt	

A kúszás gondos megfigyelése rám azt a benyomást teszi, mintha a kúszófonalat valamilyen, a telepben keresendő erő nyomná fel. Vajjon a telepben, kanyarulatokban szoruló fonalak kiegyenesedni törekcsenek-e és ez a nyújtózkodás szülné a fonalvégeknek az edény falára, vagy a levegőbe való

emelkedését, nem tudtam eddigelé biztosan megállapítani. Erre vonatkozólag újabb kísérleteket végzek, de ezekről most beszámolni még nem akarok, korainak tartom.

Az eddigi kísérleteim tanulsága bizony szegényes, de az ilyen bonyolult tünetmenyesoportnak a tanulmányozása hosszabb időt igényel, mintsem hinnők. Kísérleteim azért még sem voltak meddők, mert kimutatták, hogy a *Spirogyra nitida* és valószínűleg más *Spirogyra* kúszó- és rendezőmozgása közvetlenül a fototropizmussal nem magyarázható, mert a kúszó fonalaknál fény felé vagy attól való elhajlást nem tapasztalunk; de a növekedésben sem láttuk a közvetlen okát, hiszen az sokkalta lassúbb a kúszásnál. Kiderítették továbbá, hogy a szóban forgó mozgások a sötétben gyorsabbak, azt is, hogy azok a geotropiztikus hatásnak vannak alávetve. Bebizonyosodott általuk, hogy e jelenségek a telep sűrűségétől és a légkör nedvességétől függenek. Mindezek a megállapítások azonban nem adnak magyarázatot e mozgások közvetlen okáról. Mert arra a közelfekvő feltevésre, mely szerint a kúszást, a fonalak elrendeződését, a kedvezőbb fényviszonyok felkeresése hozná létre, mint azt *Fa-mitzin* és *Oltmanns* állítják, egyetlen kísérleti eredmény sem ad jogot.

Befejezésemhez közeledve rá kell mutatnom egy olyan tényre, amelyben én az egész problémának a kulesát sejtem. Valamennyi tenyészetemben a fonalak kúszása, elrendeződése ugyanis nem bizonyult állandó, a telep élete végeig tartó jelenségnek, hanem fellépett, kifejlődött és azután végleg megállott. Újabb kúszó és kiemelkedő fonalak nem jelentkeztek már, ha a folyamat a kifejlődésének maximumát egyszer elérte és a kép többé nem is változott, akármeddig hagytam zavartalanul a tenyészetet. Mihelyt azonban a telepet megbolygattam, áthelyeztem más edénybe, vagy a vizét leszívtam: akkor ismét jelentkeztek a kúszó, ágaskodó fonalnyalábok. Így lehet ez a szabadban tenyésző telepeknél is, ahol a szél vagy valamely állat megbolygathatja a nyugalmi állapotot. Azért visszatérek a már egyszer hangoztatott véleményemre, mely szerint ezeket a mozgásokat talán a fonalak rugalmasságával kellene megmagyarázni és ezen okból az újabb kísérleteimmel tanulmányozom elsősorban, vajjon a fonalburok rugalmasságára van-e hatása a fény hiányának és vajjon a kunkorodó fonál nyújtózkodási tendenciát mutat-e, ha a sötétben tartjuk. Ezekről a kísérletekről azonban más alkalommal fogok beszámolni.

